



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional - CTDR
Departamento de Tecnologia Sucroalcooleira-DTS



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

DIVERSIFICAÇÃO DAS APLICAÇÕES DO BAGAÇO DE CANA DE AÇÚCAR

Hayssa Michely Barbosa de Barros Venceslau

**Orientadora: Prof^a. Dr^a. Erika
Adriana de Santana Gomes**

Junho de 2018



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional - CTDR
Departamento de Tecnologia Sucroalcooleira – DTS



DIVERSIFICAÇÃO DAS APLICAÇÕES DO BAGAÇO DE CANA DE AÇÚCAR

Hayssa Michely Barbosa De Barros Venceslau

Trabalho de Conclusão do Curso de Tecnologia em Produção Sucroalcooleira no Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional da Universidade Federal da Paraíba, como requisito para a Graduação de Tecnologia em Produção Sucroalcooleira.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Erika Adriana de Santana Gomes

Junho de 2018

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

V451d Venceslau, Hayssa Michely Barbosa de Barros.

Diversificação das Aplicações do Bagaço de Cana de Açúcar / Hayssa Michely Barbosa de Barros Venceslau. - João Pessoa, 2018.

40 f. : il.

Orientação: Erika Adriana Santana Gomes.
Monografia (Graduação) - UFPB/CTDR.

1. biomassa, bagaço, cana de açúcar, reaproveitamento.
I. Gomes, Erika Adriana Santana. II. Título.


UFPB/BC

HAYSSA MICHELY BARBOSA DE BARROS VENCESLAU


**DIVERSIFICAÇÃO DAS APLICAÇÕES DO BAGAÇO DA
CANA DE AÇÚCAR**

TCC aprovado em 15/06/18 como requisito para a conclusão do curso de tecnologia em produção sucroalcooleira da Universidade Federal da Paraíba.


BANCA EXAMINADORA:



Profª. Drª Erika Adriana Santana Gomes - (UFPB - Orientadora)



Profª. Drª Solange Maria de Vasconcelos - (UFPB - Membro Interno)



Profº. Drº. Pablo Nogueira Teles Moreira - (UFPB - Membro interno)

AGRADECIMENTOS

Meu agradecimento em especial ao meu Deus, por ter me dado forças e me sustentando em todo o tempo, desde o início do curso.

Agradeço a meus pais por todo esforço em me dar uma educação e por fazerem de tudo para minha formação.

Agradeço ao meu esposo por toda paciência e suporte, a minha pequena que não sabe de nada, mais agradeço a você que me acompanhou em toda essa fase tanto de estágio como a conclusão do curso, você é onde recarrego minhas forças.

A todos os professores que fizeram parte dessa jornada, com agradecimento especial a Prof. Dr^a. Erika Santana, minha orientadora, com o seu esforço e dedicação para aperfeiçoamento do trabalho e desenvolvimento do meu conhecimento.

A todos os técnicos dos laboratórios do CTDR e meus amigos e colegas de curso, ajudando uns aos outros e por todos os momentos que convivemos.

Muito obrigado a todos!

RESUMO

O crescimento do setor sucroalcooleiro tem potencializado a geração de grande quantidade de resíduos como o bagaço de cana-de-açúcar, essa biomassa tem sido alvo de vários estudos visando seu potencial energético no que diz respeito à produção de bicomcombustível, porém, seu uso não está restrito a esse fim. Devido à grande quantidade produzida e as suas características físicas e químicas, o bagaço encontra um vasto campo de utilização, dentre eles: produção e geração de energia térmica e elétrica, etanol de segunda geração, ração animal, aplicação das cinzas do bagaço na construção civil, produção de briquetes, produção de papel, entre outros. O objetivo desse trabalho foi fazer um levantamento de informações sobre as aplicações do bagaço de cana-de-açúcar, tendo em vista o reaproveitamento e a viabilidade, visando diminuir os impactos causados com o descarte e aumentar as perspectivas de reaproveitamento. A estocagem do bagaço nos pátios das usinas é um dos fatores que contribuem para a ineficiência da utilização como fonte de energia elétrica, pois a umidade (>50%) é um dos principais fatores que reduzem a combustão. Os padrões atuais de produção e consumo de energia são baseados nas fontes fósseis, o que gera emissões de poluentes locais, gases de efeito estufa e põem em risco o suprimento de longo prazo no planeta. É preciso mudar esses padrões, estimulando as energias renováveis, e, nesse sentido, o Brasil apresenta uma condição bastante favorável em relação ao resto do mundo, por ser o maior produtor da matéria-prima. Considerando que a infraestrutura para consumir todo bagaço produzido por cogeração requer elevados investimentos com retorno financeiro instável devido a configuração econômica e política do Brasil. Conclui-se que a cogeração realizada tem sido suficiente para a autonomia energética das usinas e o excedente de bagaço, (aproximadamente 50%) estocado e comercializado aleatoriamente, apresenta potencial para a diversificação das aplicações do bagaço, potencializando a geração de benefícios socioambientais.

Palavras chaves: biomassa, bagaço, cana-de-açúcar, reaproveitamento.

ABSTRACT

The growth in the sugar ethanol sector has powered the generation of large amounts of waste as bagasse of sugar cane, this biomass has been the subject of several studies aimed at your energy potential with regard to biofuel production, and however, your use is not restricted to this purpose. Due to the large amount produced and its physical and chemical characteristics, the bagasse is a vast field of use, including: production and generation of thermal and electrical energy, second-generation ethanol, animal feed, application of bagasse ashes in construction, production of briquettes, paper production, among others. The objective of this work was to do a survey of information about applications of the bagasse of sugar cane, in order to reuse and manageability, aiming to reduce the impacts caused with the disposal and increase the prospects of reuse. Storage of bagasse in the courtyards of the plants is one of the factors that contribute to the inefficiency of the use as a source of electrical energy, as humidity (50%) > is one of the main factors that reduce combustion. The current patterns of production and consumption of energy is based on fossil sources, which leads to local pollutant emissions, greenhouse gases and put at risk the long-term supply on the planet. It is necessary to change these defaults, encouraging renewable energies, and, in this sense, Brazil presents a condition quite favorable compared to the rest of the world, being the largest producer of the raw material. Whereas the infrastructure to consume any bagasse produced by cogeneration requires high investment with financial return unstable due to economic and political configuration of Brazil. Concluded that cogeneration have been held sufficient for the energy autonomy of the plants and the surplus bagasse (approximately 50%) stored and marketed at random, presents potential for diversification of bagasse, applications increasing the generation of social and environmental benefits.

Key words: biomass, bagasse, sugarcane, reuse

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema da estrutura de uma biomassa ligno(hemi)celulósica....	13
Figura 2: Cinzas do bagaço de cana-de-açúcar.....	25
Figura 3: Briquete de cana-de-açúcar.....	26
Figura 4: Papel de bagaço de cana-de-açúcar.....	28
Figura 5- Levantamento da Produção de Cana de Açúcar e de Bagaço na Paraíba.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar/ abril 2018.....	30
Tabela 2- Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar/ maio 2018.....	31

SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO	10
1.1 Objetivos	10
1.1.1 <i>Objetivo Geral</i>	10
1.1.2 <i>Objetivos Específicos</i>	11
2.0 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
2.1 Bagaço de Cana de Açúcar	12
2.1.1 <i>Composição química do bagaço</i>	13
2.1.2 <i>Armazenamento do bagaço</i>	14
2.2 Variedades da Cana de Açúcar	15
2.2.1 <i>Cana-energia</i>	16
3.0 MATERIAIS E MÉTODOS	18
4.0 AVALIAÇÃO DAS APLICAÇÕES DO BAGAÇO DE CANA	19
4.1 Aplicações Usuais do Bagaço de Cana de Açúcar	19
4.1.1 <i>Etanol Segunda Geração</i>	19
4.1.2 <i>Geração de Energia</i>	20
4.1.3 <i>Ração animal</i>	22
4.2 Diversificação da Aplicações do Bagaço de Cana	24
4.2.1 <i>Adição da Cinza do Bagaço na Construção Civil</i>	24
4.2.2 <i>Produção de Briquetes</i>	26
4.2.3 <i>Produção de Papel</i>	27
5.1 Levantamento da Produção de Cana de Açúcar e de Bagaço na Paraíba	29
5.2 Levantamento da Área Plantada, Produtividade e Produção de cana de Açúcar	30
6.0 CONCLUSÃO	33
7.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

1.0 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, uma das matérias-primas mais importante do setor agroindustrial brasileiro, sendo responsável pelo fornecimento de uma diversidade de produtos, tais como: etanol, açúcar, cachaça e rapadura. Diversos subprodutos são gerados a partir dos processos de obtenção desses produtos, que são totalmente reutilizados, como por exemplo, a vinhaça e a torta de filtro destinados à adubação e à fertirrigação e, em maior quantidade, o bagaço. Além do reaproveitamento desses resíduos, as usinas têm o benefício dos créditos de carbono referentes à emissão de gases poluentes na atmosfera, pois através da plantação da cana, cada tonelada de CO₂ não emitida ou retirada da atmosfera equivale a um crédito de carbono, onde esse benefício é utilizado como moeda ambiental entre as empresas para cumprirem o Protocolo de Kyoto (COPERSUCAR, 2001; Alves, Oleira e Lopes, 2013).

Segundo a CONAB (2017), estima-se que no Brasil, cerca de 12 milhões de toneladas de bagaço são gerados anualmente, sendo aproximadamente 280 kg por tonelada de cana moída.

O bagaço de cana tem sido produzido cada vez em quantidades maiores devido ao aumento da área plantada e da industrialização da cana de açúcar, decorrentes principalmente de investimentos na produção alcooleira. A melhoria do balanço energético das antigas usinas e a entrada de atividade de um número cada vez maior de destilarias autônomas aumentou a porcentagem de sobras, consideravelmente. O bagaço é totalmente reaproveitado, enriquecendo a economia brasileira, em distintas áreas, desde a produção de bicomcombustíveis até a indústria de cosméticos.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo avaliar as possibilidades de diversificação de aplicações do bagaço, utilizando como método de estudo artigos específicos da área sucroenergética.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar os parâmetros de armazenamento do bagaço;
- Avaliar a qualidade e quantidade de bagaço gerada na Paraíba;
- Mostrar aplicações usuais do bagaço e as possibilidades de diversificação, visando benefícios econômicos e ambientais.

2.0 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Bagaço de Cana de Açúcar

O bagaço é um material obtido após a moagem da cana-de-açúcar para extração do caldo e produção de açúcar e etanol. Parte do bagaço sempre foi utilizado pelas usinas para a produção de bioeletricidade através da queima desse material em caldeiras que torna as usinas de açúcar e etanol autossuficientes em energia elétrica (CERQUEIRA *et al*, 2010).

A importância de se discutir o aproveitamento do bagaço de cana-de-açúcar está na possibilidade de redução de custos para as usinas sucroalcooleiras e, concomitantemente, diminuir o impacto ambiental (COSTA, 2010).

Desta forma, propõe-se, através desta pesquisa, o levantamento das várias formas de utilização do bagaço da cana-de-açúcar dentro e fora das indústrias sucroalcooleiras.

O valor de bagaço nesse ano possui preço de venda variando entre R\$100,00 a R\$120,00 por tonelada aqui na Paraíba, dependendo da localização e da colheita anual (CONAB, 2018; ASPLAN, 2018).

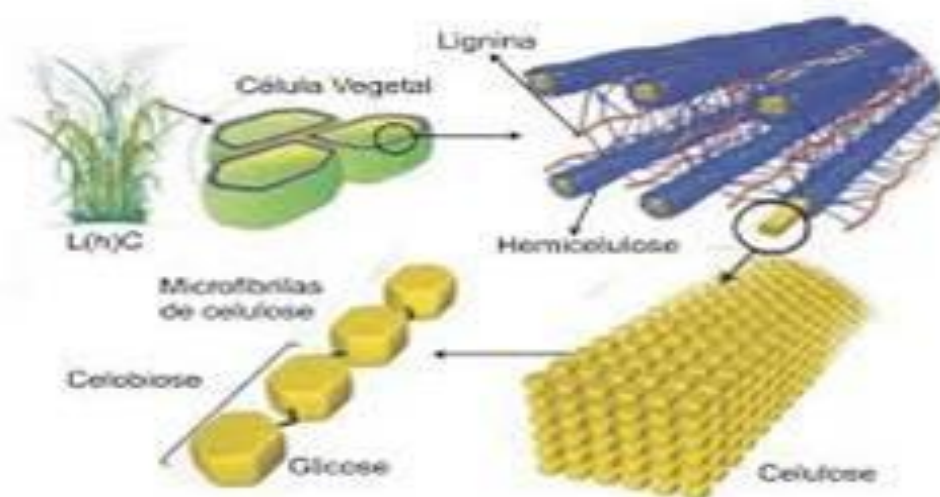
As usinas pesam os caminhões na entrada e na saída, obtendo através desta diferença a quantidade de cana em toneladas fornecida pelo agricultor. No laboratório de Pagamento de Cana pelo Teor de Sacarose (PCTS), é analisada a quantidade de açúcar presente que é responsável pelo pagamento da cana. O bagaço está incluído neste valor, isso equivale a agregar ao bagaço um valor comercial inicial, proporcional a $\frac{1}{4}$ do custo da matéria-prima (PELLEGRINI, 2002).

A queima do bagaço nas caldeiras produz a energia que movimenta os equipamentos das usinas, podendo gerar energia excedente que pode ser vendida aos distribuidoras de energia elétrica. A demanda de bagaço é responsável pela autossuficiência das usinas sucroalcooleiras no Brasil, em relação à energia elétrica; pois inclusive na entressafra, parte do bagaço armazenado é utilizado para gerar energia (SOUZA, 2006).

2.1.1 Composição química do bagaço

Segundo Santos *et al.* (2012) a composição química da biomassa lignocelulósica (Figura 1), geralmente contém 35-50% de celulose, seguido de 20-35% de hemicelulose, 10-25% de lignina e uma pequena quantidade de cinzas e extrativos. Esta composição química varia em função do tipo de biomassa.

Figura 1: Esquema da estrutura de uma biomassa ligno(hemi)celulósica.



Fonte: Adaptado de SANTOS *et al.* (2012)

O bagaço recém-moído possui cerca de 50% de umidade, 45% de fibras lignocelulósicas, de 2 a 3% de sólidos insolúveis e de 2 a 3% de sólidos solúveis. É um material complexo, constituído principalmente de celulose, hemicelulose e lignina, que são os responsáveis pelo seu elevado conteúdo energético (SANTOS *et al.*, 2012).

A biomassa lignocelulósica presente nas diversas biomassa constitui a maior fonte de carboidratos naturais do mundo. A dificuldade de converter a biomassa lignocelulósica em insumos químicos é atribuída às suas características químicas e morfológicas. Esses materiais lignocelulósicos são constituídos de fibras de celulose envolvidas em uma matriz amorfa de polioses e lignina. Essa matriz amorfa age como uma barreira natural ao ataque de

micro-organismos e/ou enzimas e torna esses materiais estruturalmente rígidos e pouco reativos (CANILHA *et al*, 2010).

2.1.2 Armazenamento do bagaço

Nas usinas e destilarias, a produção do bagaço inicia-se na fase de recepção da matéria-prima e após a extração do caldo, sendo enviado em seguida às caldeiras para sua combustão. O excesso de bagaço é enviado a um pátio de estocagem. Entretanto, como se trata de uma indústria de caráter sazonal, o fornecimento de bagaço excedente para fins industriais (produção de vapor e geração de energia elétrica) não pode ser realizado de forma direta e contínua, havendo a necessidade da formação de estoques reguladores, a fim de suprir a sua carência no período da entressafra. A estocagem do bagaço nos pátios das usinas é um dos fatores que contribuem para a ineficiência de sua exploração, pois o material acumulado torna-se propenso ao desenvolvimento de fungos e bactérias os quais degradam a matéria-prima (RAAD *et al*, 2006).

A organização física das pilhas de bagaço no pátios das usinas torna-se difícil devido as dimensões e quantidade. Na maioria das usinas brasileiras, um trator espalha o bagaço no alto da pilha, que pode chegar a ter cerca de 300 m de extensão, 100 m de largura e 40 m de altura (aproximadamente 100.000 toneladas de bagaço estocadas). Nestas, a deterioração da camada externa protege as camadas internas, gerando perdas de até 15%. Após a extração do caldo resta ainda no bagaço úmido cerca de 2 a 3% de açúcar que, devido ao alto teor de umidade e à ação microbiana, sofre fermentação, um processo exotérmico, provocando sua deterioração e afetando diretamente suas características, o que, muitas vezes, provoca combustões espontâneas e indesejadas. Essa deterioração é causada, principalmente, por fungos pertencentes à classe dos *Basidiomicetos*. Esses fungos dividem-se naqueles que causam a podridão parda, destruindo os polissacarídeos da parede celular (hemicelulose e celulose) e os que causam a podridão branca que, além de polissacarídeos, destroem também a lignina (RAAD *et al*, 2006).

2.2 Variedades da Cana de Açúcar

Cada variedade de cana apresenta diferentes características de acordo com a região em que se encontra, podendo ocorrer diferenças significativas dentro de uma mesma variedade, pois a composição química varia de acordo com o solo na qual a variedade é inserida, clima apresentado, forma em que a colheita é realizada, tempo de maturação da cana e o período em que esta foi colhida. Quanto ao monitoramento agrícola as características que devem ser apresentadas pelas variedades de cana utilizadas no decorrer de uma safra, mudam todos os anos de acordo com o tipo de solo, se a colheita é mecanizada, qual o potencial da safra, se ocorre irrigação ou não nas áreas plantadas, etc. Algumas das atribuições de variedades desejáveis são: alta qualidade do suco, alto potencial de cultivo, alto teor de sacarose, falta de florescimento ou pouco florescimento, dentre outros (UDOP, 2011).

Com a finalidade de obter máxima produtividade, cada produtor seleciona qual variedade atende melhor às necessidades da região. É importante diversificar as variedades e que estas possuam um pequeno grau de parentesco a fim de procurar diminuir os riscos em relação às doenças apresentadas ou não, no solo utilizado (UDOP, 2011).

Com o objetivo de criar variedades mais adaptadas, rústicas, produtivas e resistentes à seca, cruzamentos entre diversos gêneros de *Saccharum spp.* tem sido realizados (MATSUOKA *et al.*, 2005).

Híbridos interespecíficos, oriundos dos programas de melhoramento genético, resistentes a pragas e doenças e melhores adaptados às diversas condições ambientais permitiram a expansão da cultura pelo planeta (MATSUOKA *et al.*, 2005).

Os laboratórios das usinas sucroalcooleiras são responsáveis pela determinação da qualidade das variedades de cana-de-açúcar que dão entrada nas usinas. As análises dos principais indicadores de qualidade de cana são: P.B.U (peso de bolo úmido), °Brix, %Fibra, Leitura Sacarimétrica, Pol, Pureza e ART (EMBRAPA, 2011).

Peso do bolo úmido (P.B.U) é a parte fibrosa resultante da prensagem que extrai o caldo pelo uso de uma prensa hidráulica. A análise de °Brix é realizada por refratômetro, instrumento usado para medir a quantidade de

sólidos solúveis em uma solução de sacarose. A percentagem da fibra da cana reflete na eficiência da extração da moenda, ou seja, quanto mais alta a fibra da cana, menor será a eficiência de extração. Por outro lado, é necessário considerar que variedades de cana com baixos teores de fibra são mais susceptíveis a danos mecânicos ocasionados no corte e transporte, o que favorece a contaminação e as perdas na indústria. O valor de percentagem de fibra deve estar compreendido entre 11 e 13 % (CONSECANA, 2011).

2.2.1 Cana-energia

A cana-energia é resultado de um cruzamento de híbridos comerciais e ancestrais para produção de uma cana mais robusta, resistente a pragas e variações climáticas. Possui um maior teor de fibras e menos sacarose, e é considerada uma alternativa na obtenção de etanol de segunda geração. Apresenta potencial para queima de caldeiras, junto a sua palha, alto poder calorífico, constituindo assim um material entre outras rotas já desenvolvidas para produtos e subprodutos da cana-energia. O desenvolvimento de híbridos de cana-de-açúcar com maior quantidade de biomassa lignocelulósica tem sido objeto de diversos estudos (SUN e CHEN, 2008).

Buscando atender as novas demandas do setor sucroenergético, o foco na obtenção das futuras cultivares deve ser concentrado no aumento substancial do teor de fibras aliado a maior produtividade, sendo denominadas de cana-energia e poderão apresentar mais de 30% de fibra em sua composição (RAMOS, 2015).

A cana-energia é obtida por cruzamentos genéticos obtendo-se materiais com mais fibras e outros com menos açúcar e muito mais fibras, portanto, ressalta-se que essa variedade apresenta dificuldades na extração em razão do elevado teor de fibra. A cana-energia com baixa quantidade de açúcar e aumento de fibra tem foco na produção de energia (NOVACANA, 2015).

O objetivo dos programas mundiais de melhoramento genético na seleção da cana-energia é obter diferentes tipos de plantas. Um dos tipos é a cana-energia 1, com manutenção do alto nível de açúcar (acima de 15% de sacarose) e com alto teor de fibra (acima de 18%). Este tipo é interessante

para as empresas do setor sucroenergético que desejam investir na produção de etanol de segunda geração (etanol celulósico). Por outro lado, busca-se também a cana-energia 2, com baixíssimo nível de açúcar (sacarose menor que 6%) e elevado nível de fibra (acima de 28%), que é procurada por empresas que desejam produzir e fornecer biomassa para a geração de energia (eletricidade) (NOVACANA, 2015).

A cana-de-açúcar plantada em larga escala no Brasil é resultado de uma série de cruzamentos, mas que possuem a característica predominante da espécie *Saccharum Officinarum*: elevado teor de açúcar e baixa quantidade de fibras. Já a cana-energia teve seus cruzamentos direcionados para aproveitar mais os descendentes da *Saccharum Spontaneum*, com alto teor de fibras (MARIANO, 2015).

Utilizando a mesma área plantada, a cana-energia oferece uma produção de etanol 232% maior, além de um impressionante aumento de 1.200% na produção de energia elétrica. Algumas simulações apresentadas pela Vignis, mostram que se toda área de cana usada para etanol (5,1 milhões de hectares) fosse substituída por cana-energia, a moagem saltaria 164%, de 360 milhões de toneladas para mais de 951 milhões (NOVACANA, 2015).

O incremento na produção de bagaço seria ainda maior, 450%, gerando uma sobra de bagaço que passaria de 29,5 milhões de toneladas para 384,7 milhões (NOVACANA, 2015).

As novas variedades da cana-energia já chegam às usinas com produtividade quase três vezes superior à média verificada nos canaviais nacionais. Na região Centro-Sul responsável pela maior parte da produção nacional - a média de produtividade em 2014 foi de 75 toneladas por hectare (t/ha), a opção energética rende, pelo menos, 180 t/ha (NOVACANA, 2015).

3.0 MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi realizado através do avaliações de artigos, monografias e livros específicos sobre o bagaço da cana de açúcar, bem como o foram realizados levantamentos de dados da produção no estado da Paraíba e no Brasil, visando embasar a diversificação das aplicações e inovações para a utilização do bagaço da cana.

A avaliação das aplicações do bagaço de cana de açúcar foram realizadas considerando as:

Aplicações usuais do bagaço da cana:

- ✓ Etanol de segunda geração
- ✓ Geração de energia
- ✓ Ração animal

Diversificação das aplicações:

- ✓ Adição das cinzas na construção civil
- ✓ Produção de briquetes
- ✓ Produção de papel

4.0 AVALIAÇÃO DAS APLICAÇÕES DO BAGAÇO DE CANA

Neste estudo foram avaliadas aplicações usuais do bagaço de cana e principalmente verificadas as possibilidades de reaproveitamento, visando ampliar a geração de renda e empregos.

4.1 Aplicações Usuais do Bagaço de Cana de Açúcar

4.1.1 Etanol Segunda Geração

O etanol é um combustível renovável com demanda crescente e participação relevante quanto aos combustíveis fósseis, os investimentos nas suas tecnologias de produção, utilizando o bagaço e até a palha da cana tornou-se uma alternativa potencial para ampliar a sua produção (DEMIRBAS, 2015).

O etanol se destaca dos demais biocombustíveis devido às diversas vantagens de produção. Sua produção é dividida em dois tipos: primeira geração, etanol obtido a partir da fermentação da sacarose, e o de segunda geração, obtido a partir da quebra da celulose de matérias-primas lignocelulósicas, chamado também de etanol lignocelulósico (PITARELO *et al.*, 2012; VERARDI, 2016).

O bagaço de cana-de-açúcar, para a maior parte dos países tropicais, é um dos principais materiais lignocelulósicos utilizados para a bioconversão em etanol, uma vez que apresenta alta concentração de carboidratos, baixo conteúdo relativo de lignina, fácil utilização, baixo custo de colheita, transporte e de armazenamento, além de melhor custo/ efetividade para a redução das emissões de gases de efeito estufa (IEA, 2005).

Os açúcares do bagaço, assim como aqueles de qualquer outro material lignocelulósico, encontram-se na forma de polímeros (celulose e hemicelulose) associados entre si e cobertos por uma macromolécula aromática complexa (lignina), formando a microfibrila celulósica. Esta, por sua vez, constitui a parede celular (fibrila) vegetal, uma estrutura recalcitrante difícil de ser desestruturada e convertida em monossacarídeos fermentescíveis (CANILHA, *et al.*, 2010).

O processo de obtenção de etanol de segunda geração, produzido através da hidrólise enzimática de materiais lignocelulósicos, consiste basicamente em quatro etapas, com distintas possibilidades de combinação (SUN e CHENG, 2002): pré-tratamento, hidrólise enzimática, fermentação e destilação.

Esse processo pode ocorrer de duas formas: hidrólise ácida ou enzimática, esta última normalmente é precedida de pré-tratamento, visando a remoção da lignina, possibilitando maior eficiência ao ataque enzimático (ALVES e MACRI, 2013).

4.1.2 Geração de Energia

Com o crescimento no consumo de energia elétrica a cogeração, a partir de biomassa, é uma opção viável quanto aos aspectos econômicos e ambientais, entretanto, necessita de investimentos para sua ampliação, os quais não apresentam segurança aos investidores em razão da instabilidade dos preços do kW de energia.

No Brasil a grande oferta de energia provém de duas principais fontes: combustíveis fósseis (petróleo e derivados) e a hidroeletricidade que gera 65,2 % da energia utilizada no país (BEN, 2015).

A biomassa é uma fonte de energia que vêm se destacando mundialmente como sendo uma das mais importantes energias renováveis. Entende-se por biomassa toda matéria vegetal ou animal que pode ser reaproveitada como fonte de produção de calor ou eletricidade, como o bagaço da cana-de-açúcar, óleos vegetais, madeira, dejetos orgânicos e resíduos de indústrias alimentícias ou agrícolas (TEIXEIRA, 2010).

Um setor em ascensão neste ramo é o sucroalcooleiro, que utiliza o bagaço (um subproduto do processo industrial) como combustível para geração de vapor. Inicialmente, o bagaço de cana que significa 25% a 30% do peso da cana processada com 50% de umidade, foi utilizado nas usinas para geração de calor, substituindo a lenha (TACHIZAWA, 2011).

Atualmente o bagaço vem sendo utilizado para gerar vapor, com grande flexibilidade para ser transformado em outras formas de energia como calor,

eletricidade ou tração. O aumento do custo da energia, seja elétrica ou de petróleo, tornou mais atraente a utilização do bagaço para cogeração de energia. Conceitualmente a cogeração pode ser definida como o processo de transformação de uma forma de energia em mais de uma forma de energia útil (SEIFERT, 2011).

A oferta de eletricidade por cogeração a partir do bagaço de cana apresenta vantagens ambientais pela redução da emissão de CO₂. Isto pode atenuar os impactos ambientais decorrentes do aumento da geração termoelétrica a partir de combustíveis fósseis, como por exemplo, o gás natural. Com o grande aumento do consumo de energia, até mesmo pelas próprias usinas, a cogeração de energia ainda necessita de inovações tecnológicas para poder atender a uma grande demanda (UNICA, 2015).

A geração de energia térmica e mecânica para movimentar equipamentos não é uma prática recente, ela é utilizada desde a Revolução Industrial na criação da máquina a vapor. Na década de 1980, após a 2ª crise do petróleo, houve um aumento no preço da energia elétrica no Brasil e no mundo. Com isso o custo de produção das indústrias também aumentou consideravelmente, já que havia a necessidade de se produzir mais. Ainda nessa época o setor sucroalcooleiro começou a aproveitar o vapor gerado pelas caldeiras não só no processo produtivo, mas também na geração de energia elétrica para consumo próprio, evitando a compra de energia de companhias elétricas durante a safra. Ainda não havia nenhum interesse em comercializar a energia elétrica produzida nas indústrias (GOLDENBERG, P; GUERRA, F, 2008).

Segundo Dantas e Castro (2008), a decisão de adotar tecnologias de cogeração pouco eficientes tinha como premissa maximizar a queima do bagaço de cana-de-açúcar devido às dificuldades de estocagem e a pouca relevância do mercado para a venda de eventuais excedentes de bagaço in natura. Também não havia interesse comercial em investir em plantas de geração de eletricidade mais eficientes, capazes de exportar um excedente para a rede. Desde então as usinas de açúcar e álcool se tornaram autossuficientes em energia elétrica. Com incentivos do governo as usinas começaram a investir em seu processo no biomassa da cana com:

- a) 16% hidráulica

- b) 11% lenha e carvão vegetal
- c) 8% lixívia e outras renováveis
- d) 4% petróleo e derivados
- e) 39% gás natural
- f) 14% carvão mineral
- g) 6% urânio
- h) 1% outras não renováveis
- i) 1% matriz energética brasileira

Com intuito de aumentar a geração de vapor para também aumentar a geração de energia para comercialização. A eletricidade hoje já é considerada o terceiro produto do setor sucroalcooleiro. Atualmente, aproximadamente 10% das usinas em funcionamento geram a bioeletricidade, mas esse número vem crescendo com instalação de novas e modernas unidades (ÚNICA 2015).

A cogeração se tornou uma prática essencial para as usinas de açúcar e álcool, pois além de atender sua necessidade de energia térmica e mecânica, usa o resíduo (bagaço) que sobra da moagem da cana como combustível.

4.1.3 Ração animal

Por ser uma planta versátil, a cana (*Saccharum officinarum*) pode disponibilizar subprodutos e resíduos e, além disto, servir como planta forrageira, pois após seu esmagamento nas moendas, geralmente coincide com o período de escassez de forragem em determinadas regiões (SOUZA & SANTOS, 2002).

Considerando que a atividade pecuária é de custo elevado, o setor produtivo vem buscando alternativas de fontes alimentares na tentativa de minimizar esses custos, os produtos alternativos provenientes das agroindústrias, transformando-se em coprodutos. Tornou-se, portanto, importante a avaliação de coprodutos com melhor valor comercial sem prejudicar o desempenho dos animais (EZEQUIEL *et al.*, 2006).

Segundo Teixeira *et al.*, (2007) o aproveitamento de resíduos e subprodutos agroindustriais na alimentação animal, é capaz de contribuir para atender as exigências nutricionais, num contexto de viabilidade econômica.

Além disso, a utilização de subprodutos, na nutrição animal, está totalmente de acordo com os princípios da conservação do meio ambiente, apresentando um destino sustentável aos resíduos.

Este subproduto tem sido amplamente utilizado na alimentação animal e possuem grande importância econômica e social, uma vez que diminuem os custos de produção e o transforma em um alimento nobre (SANTOS, 2008).

Todavia, sua viabilidade de utilização requer o desenvolvimento de métodos de tratamento que promovam o rompimento da estrutura de sua fração fibrosa, para torná-lo mais digestível, ou seja, mais acessível às enzimas presentes no rumem (EUSTÁQUIO FILHO, 2006). Pois a baixa densidade e a baixa digestibilidade tem sido fatores limitantes na utilização do bagaço de cana "in natura" em alimentação de ruminantes, pois para a sua utilização exigem que o mesmo passe por um processo de tratamento.

Segundo Boin & Tedeschi (1993) citado por SANTOS (2006), o bagaço *in natura* (BIN) possui baixo teor nutricional e para seu uso na alimentação animal deve estar associado a algum tipo de tratamento, podendo ser o físico (pressão e vapor) ou químico como: amônia, soda cáustica ou cal virgem.

Resultante da moagem, o bagaço constitui-se um alimento rico em parede celular, sendo pobre em conteúdo celular, apresentando baixa digestibilidade e baixos teores de proteínas, minerais e baixa densidade, limitando o seu uso *in natura* (ROCHA, 2002).

Segundo Oliveira & Rödel (2006), existem dois tipos de processamento para melhorar a qualidade do bagaço de cana-de-açúcar, sendo que, a primeira maneira é o tratamento de bagaço a alta temperatura e pressão e a segunda maneira é o tratamento químico, que atualmente é o método mais eficiente e indicado para incrementar o valor nutritivo dos materiais fibrosos para uso na alimentação animal, só que este, por sua vez, apresenta um valor agregado no produto final devido aos elevados custos na sua produção, ficando mais viável o método sobre pressão. Esses processos visam eliminar ou diminuir os efeitos prejudiciais da lignina sobre a degradação de compostos celulósicos pelos microrganismos do rúmen, disponibilizando o material para adesão da população microbiana e ataque enzimático fibrolítico (ALVES, 2006).

4.2 Diversificação da Aplicações do Bagaço de Cana

4.2.1 Adição da Cinza do Bagaço na Construção Civil

O setor da construção civil tem importante papel no processo de desenvolvimento de um país e na diminuição do desemprego. Segundo as fontes do IBGE e do Banco Central, o PIB da construção civil de 2008 foi de aproximadamente 6,9% do PIB Nacional, o que mostra que o setor tem um grande impacto na economia do país. Porém, tal atividade econômica pode acarretar efeitos nocivos ao meio ambiente, afetando de forma direta ou indireta para o esgotamento de recursos naturais. Portanto, a busca por alternativas como o aproveitamento de subprodutos gerados nas indústrias surge como uma solução para minimização do problema (MANSANEIRA, 2010).

A queima do bagaço da cana-de-açúcar nas caldeiras geram cinzas na ordem de 25 kg de cinza para cada tonelada de bagaço. Por suas características, esse resíduo apresenta possibilidade real de utilização como material de carga (inerte), substituindo a areia em produtos de natureza cimentícia, com fins de produzir materiais de construção (LIMA *et al*, 2009).

O cimento e a areia são utilizados no setor da construção civil, sendo retirados do solo através da operação de mineração, causando impactos ambientais. A melhor maneira de diminuir a utilização desses recursos e conservar o meio ambiente é o emprego de formas alternativas, como por exemplo, o uso de resíduos industriais como matéria-prima, como as cinzas do bagaço da cana (ALWAELI, 2013).

Souto (2010) relata que existem estudos que mostram que a cinza residual do bagaço de cana apresenta composição química adequada ao emprego como adição mineral, principalmente no que se refere aos teores de dióxido de silício. Para que o aproveitamento das cinzas seja otimizado é necessário a regularização da granulometria variável, utilizando a moagem. Dessa forma a reatividade é elevada, pelo aumento da superfície específica

das partículas, proporcionando maior homogeneidade ao material. Uma pesquisa iniciada há quatro anos por uma equipe coordenada pelo engenheiro civil e professor da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Almir Sales, mostrou que a substituição de 30% a 50% em massa da areia natural pelas cinzas além de preservar as estruturas também traz benefícios. Nessa faixa de substituição, o concreto feito com cinzas pode ter um ganho de resistência 20% superior ao concreto convencional.

Este concreto, em princípio, deve ser empregado na fabricação de guias, sarjetas e bocas de lobo, pois para aplicações especiais, como concretos estruturais de elevado desempenho, serão necessários mais estudos (SALES, 2010).

O reaproveitamento da cinza do bagaço de cana não só poderá contribuir para redução de impactos ambientais causados pela deposição do resíduo, como também para diminuir a necessidade de exploração de novas jazidas (LEAL & CASTRO, 2007).

A Figura 2 ilustra o reaproveitamento das cinzas do bagaço na construção civil em substituição da areia.

Figura 2: Cinzas do bagaço de cana-de-açúcar para aproveitamento na construção civil.



Fonte: Mansaneira, 2010.

4.2.2 Produção de Briquetes

A compactação de bagaço de cana-de-açúcar gera um produto (briquete) diretamente competitivo com lenha e carvão vegetal, podendo, em alguns casos, ser um ótimo substituto. A compactação é uma alternativa, não somente para aproveitar resíduos, como para facilitar o transporte destes para aplicações em lugares distantes da fonte.

Segundo pesquisas recentes da área de bioenergia (ANEEL, 2008), a energia presente na biomassa pode ser transformada em combustíveis líquidos, sólidos e gasosos. No entanto, é necessária a realização de alguns procedimentos operacionais, como a caracterização físico-química da matéria-prima a ser utilizada, para que assim suas potencialidades energéticas sejam avaliadas. Para melhorar as características energéticas e econômicas já existentes, geralmente a biomassa passa por um beneficiamento. Uma das possibilidades é a compactação, resultando no briquete, comumente utilizado na geração de energia térmica ou elétrica (EMBRAPA, 2012).

Figura 3: Briquete produzido com o bagaço da cana de açúcar prensado.



Fonte: <http://bripell.com>

4.2.3 Produção de Papel

O papel produzido com o bagaço começou a ganhar espaço nas prateleiras das lojas especializadas e muitas indústrias brasileiras do setor de papéis já estão se buscando um produto de alta qualidade. Estudos preliminares apontaram que o bagaço de cana possui grande quantidade de fibras de alta qualidade, pureza elevada e biodegradabilidade, o que está tornando o papel 100% reciclável. A primeira empresa a fabricar este produto foi a Usina Alta Paulista, de Junqueirópolis (SP). Atualmente, o papel de cana tem as mais diversas utilidades, principalmente sendo aplicados como matéria-prima para a impressão de revistas, livros, e também como papéis de desenho.

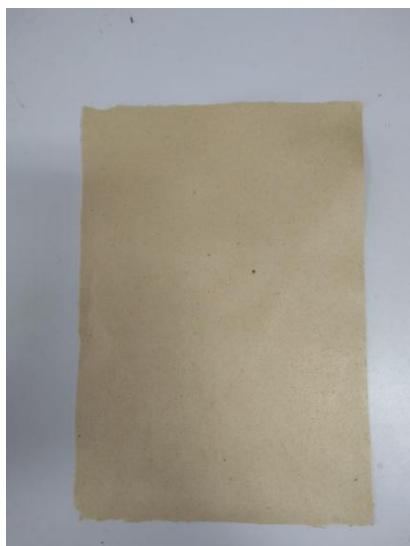
A empresa GCE Comércio Internacional de Papéis Ltda. produz papéis ecológicos de cana de açúcar com preço semelhante ao papel feito com celulose, pois os custos de produção são menores. O ciclo de produção de papel de celulose gira em torno de 6 a 7 anos, pois este é o ciclo da madeira de reflorestamento, geralmente, o eucalipto. O papel de cana, leva em média, 18 meses, e exige menos produtos químicos nos processos de transformação e branqueamento das fibras (Revista Globo Rural, 2011).

Fabricantes de papel são estigmatizados como motivadores do desmatamento e grandes emissores de poluentes e gases do efeito estufa. O papel do bagaço de cana-de-açúcar chega para reverter este quadro.

O bagaço possui fibras de excelente qualidade, ideais para fabricação de papéis biodegradáveis e 100% recicláveis. Isso significa uma enorme redução de resíduos despejados na natureza. Além disso, cada tonelada da cana-de-açúcar absorve 650 kg de CO₂ (gás carbônico) da atmosfera enquanto cresce, contribuindo para neutralizar as emissões de gases do efeito estufa (Revista Globo Rural, 2011).

A Figura 4 ilustra a produção do papel artesanal a partir do bagaço da cana.

Figura 4: Folha de papel produzida a partir do bagaço de cana de açúcar.



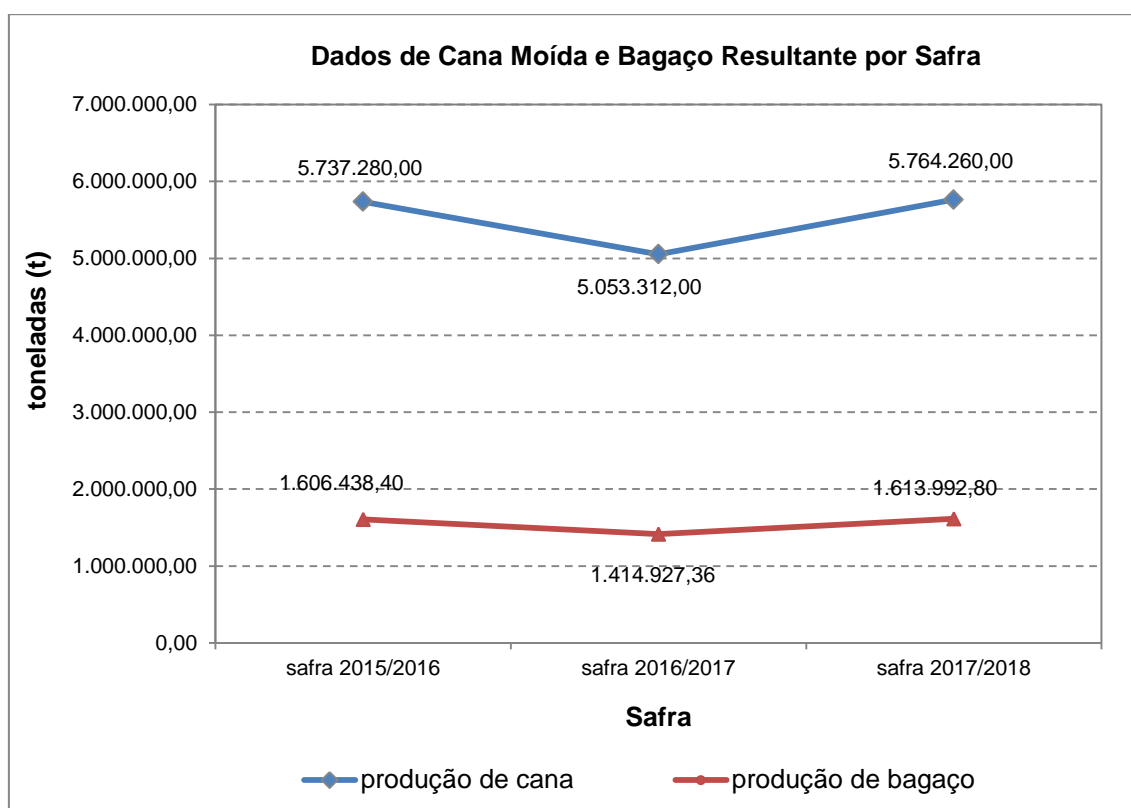
Fonte: Felizardo, 2018.

5.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Levantamento da Produção de Cana de Açúcar e de Bagaço na Paraíba

A Figura 5 mostra os dados referente a quantidade de cana moída e de bagaço gerado na Paraíba nos últimos anos.

Figura 5: Dados de moagem e projeção do bagaço gerado na Paraíba nos últimos anos.



Fonte: Adaptado ASPLAN, 2018.

Avaliando a Figura 5 pode-se perceber que a Paraíba vem mantendo a média na produção de cana de açúcar e apresentando indicadores positivos nas últimas três safras, diferente dos demais estados produtores da região que tiveram decréscimo de produção neste mesmo período. A atual safra 2017/2018, que começou em julho de 2017 e foi encerrada agora em abril, contabilizou um resultado final de 5.764.260 milhões de toneladas de cana processada. Esses dados são referentes ao somatório de cana de

fornecedores ligados a Associação dos Plantadores de Cana da Paraíba (ASPLAN) ao volume dos acionistas de indústrias sucroalcooleiras locais. Na Safra passada (2016/2017) a produção paraibana ficou em 5.053.312 toneladas de cana, enquanto a de (2015/2016) fechou em 5.737.280 toneladas.

Com essa produção de cana, temos para cada tonelada de cana processada 280 kg de bagaço, uma quantidade elevada, onde 50% do bagaço é utilizado para gerar energia para própria usina, mais os excedentes e o restante deveria ser totalmente reaproveitado, enriquecendo a economia brasileira, em distintas áreas, desde a produção de bicomcombustíveis até a indústria de cosméticos.

5.2 Levantamento da Área Plantada, Produtividade e Produção de cana de Açúcar

As Tabelas 1 e 2 mostram os levantamentos das áreas plantadas, produtividade e produção da cana de açúcar na Paraíba com relação ao Nordeste e ao Brasil, bem como as variações obtidas em comparação com as safras de 2016/ 2017 e 2017/ 2018, para os meses de abril e maio de 2018, respectivamente.

Tabela 1: Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar/ abril 2018.

REGIÃO	Área (em mil ha)			Produtividade (em kg/ha)			Produção (em mil t)		
	Safra 2016/17	Safra 2017/18	VAR. %	Safra 2016/17	Safra 2017/18	VAR. %	Safra 2016/17	Safra 2017/18	VAR. %
PB	110,3	119,6	8,4	44.014	48.742	10,7	4.856,10	5.829,50	20,0
NE	866,5	842,2	-2,8	47.822	48.849	2,1	41.437,70	41.140,50	-0,7
Brasil	9.049,20	8.729,50	-3,5	72.623	72.543	-0,1	657.184,00	633.261,90	-3,6

Fonte: Adaptado, CONAB, 2018.

Tabela 2: Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar/ maio 2018.

REGIÃO	Área (em mil ha)			Produtividade (em kg/ha)			Produção (em mil t)		
	Safra 2016/17	Safra 2017/18	VAR. %	Safra 2016/17	Safra 2017/18	VAR. %	Safra 2016/17	Safra 2017/18	VAR. %
PB	110,3	119,7	0,1	44.014	49.005	0,5	4.856,10	5.866,90	0,6
NE	866,5	843,2	0,1	47.822	50.153	2,7	41.437,70	42.290,20	2,8
Brasil	9.049,20	8.613,60	-1,3	72.623	72.671	0,2	657.184,00	625.963,00	-1,2

Fonte: Adaptado, CONAB, 2018.

Avaliando as Tabelas 1 e 2 podemos perceber que ocorreram melhorias quanto aos fatores avaliados com relação ao mês de abril (Tabela 1), demonstrando melhores perspectivas para a produção de cana de açúcar e consequentemente geração de bagaço o qual poderá ser reaproveitado para a diversificação das aplicabilidades do bagaço que não exijam grandes investimentos e gerem benefícios sociais e ambientais tais como:

- ✓ Adição da cinza do bagaço na construção civil: A utilização desse resíduo apresenta-se perspectivas para promover práticas e diretrizes sustentáveis na construção civil, diminuindo a necessidade de exploração de novas jazidas. Desta forma, um dos grandes desafios da construção civil é diminuir o desperdício de materiais, bem como utilizar formas alternativas para o fabrico destes, a fim da diminuição da extração dos recursos naturais. Conciliar a atividade da construção civil com as condições que conduzam a um desenvolvimento sustentável consciente e menos agressivo ao meio ambiente é essencial.
- ✓ Produção de briquetes: A compactação é uma alternativa viável para aproveitar o bagaço excedente, facilitando o transporte para aplicações

em lugares distantes. Ressaltamos que alguns testes estão sendo realizados no Laboratório de Processos e Operações Unitárias do Departamento de Tecnologia Sucroalcooleira/CTDR e se demonstraram promissores.

- ✓ Produção de papel: Estudos preliminares apontaram que o bagaço de cana possui grande quantidade de fibras de alta qualidade, pureza elevada e biodegradabilidade, o que está tornando o papel 100% reciclável, com a utilização desse resíduo, diminuindo bastante impactos ao meio ambiente, através da redução do desmatamento e emissão de poluentes e gases do efeito estufa. Testes da produção de papel a partir do bagaço também foram realizados no Laboratório de Processos e Operações Unitárias do Departamento de Tecnologia Sucroalcooleira/CTDR e se mostraram promissores, sendo viabilizado através da redução de custos.

6.0 CONCLUSÃO

Conclui-se que a cogeração implementada nas usinas torna-as autossuficientes e que a geração de energia excedente necessita de grandes investimentos com retorno instável, em razão da gestão governamental dos preços aplicados a tarifação de energia elétrica. Portanto, pode ser de interesse lucrativo e socioambiental a implantação de outras formas de utilização do bagaço, tais como: utilização das cinzas do bagaço na construção civil, produção de papel e de briquetes os quais requerem investimentos reduzidos e tecnologias simplificadas, gerando empregos e benefícios ambientais.

7.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASPLAN, asplanpb.com.br. Acesso em: 08 de junho de 2018.

Agência Nacional de Energia Elétrica - Aneel. Ministério de Minas e Energia. Atlas de energia elétrica do Brasil. 3. ed. 2008. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br>.

Alves, R. S.; Oliveira, L. A.; Lopes, P. L. Crédito De Carbono: O Mercado De Crédito De Carbono No Brasil. X Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. Out. 2013, Rezende, RJ.

ALVES, J. M. B.; MACRI, R. C. V. Etanol de Segunda Geração: Estudo de Materiais Lignocelulósicos e Aplicações da Lignina.FATEC- Barretos. 2013.

ALVES, M, E. Utilização Do Bagaço De Cana-De-Açúcar Hidrolisado Na Alimentação De Ovinos Em Confinamento. 2006. 46f. DISSERTAÇÃO (Graduação de Zootecnia) - Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES. JANAÚBA - MG - 2006.

ALWAEELI, M. *Application of granulated lead-zinc slag in concrete as an opportunity to save natural resources*. Radiation Physics and Chemistry, v.83, p.54-60, 2013.

BEN. Balanço energético nacional. 2015. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/S%3%adntese%20do%20Relat%c3%b3rio%20Final_2015_Web.pdf>.

BRIPELL, 2018 Acesso em: 05/06/2018 Disponível: <http://briPELL.com>

CANA-ENERGIA- Melhoramento genético. SIFAEG. Jun,2016. Disponível em: < <http://www.sifaeg.com.br/noticias/cana-energia-2/>>. Acesso em: 04 mai, 2016. Canilha, L.; Milagres, A. M. F.; Silva, S. S.; Silva, J. B. A.; Felipe, M. G. A.; Rocha, G. J. M.; Carvalho, W. Rev. Anal. 2010, 44, 48.

CANILHA, Larissa *et al.* Sacarificação da biomassa lignocelulósica através de pré-hidrólise ácida seguida por hidrólise enzimática: uma estratégia de “desconstrução” da fibra. *Revista Analytica*, Lorena - SP, v. 44, p.48-54, dez. 2009/jan. 2010.

CERQUEIRA, D. A.; FILHO, G. R.; CARVALHO, R. A.; VALENTE, A. J. M.; Caracterização de acetato de celulose obtido a partir do bagaço de cana-de-açúcar por ¹H-RMN. *Polímeros*, vol. 20, n. 2, p. 85-91, 2010.

COSTA, P. R. O.; DUARTE, F. S.; A utilização da biomassa da cana-de-açúcar como fonte de energia renovável aplicada no setor sucroalcooleiro. *Revista de Administração da Fatea*, v. 3, n. 3, p. 2-107, 2010.

Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra de cana-de-açúcar. V4, Brasília, CONAB, 2017, 62 p.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento), www.conab.gov.br. Acesso em: 08/06/2018.

CONSECANA. Manual de Instruções. 5 ed Piracicaba: Conselho dos produtores de cana-de-açúcar, açúcar e álcool do Estado de São Paulo, 2011.

COPERSUCAR. Projeto BRA/96/G31: disponibilidade da palha de cana-de-açúcar. *Cenbio Notícias*, Brasília, v. 4, n. 12, 1998a. Disponível em: <<http://www.cenbio.org.br/index1.htm>>. Acesso em: 08/06/2018.

DANTAS, G. de A; CASTRO, N. J. de. O Uso do Bagaço e da Palha: Bioeletricidade ou Etanol Celulósico. In: I Workshop do INFOSUCRO sobre Impactos Econômicos e Tecnológicos da Indústria Sucroalcooleira no Brasil. Rio de Janeiro, Novembro de 2008.

DANTAS, G. de A. O Impacto dos Créditos de Carbono na Rentabilidade da Cogeração Sucroalcooleira Brasileira. Dissertação de Mestrado. ISEG/Universidade Técnica de Lisboa, 2008.

DEMIRBAS, A. *Bioethanol from Cellulosic Materials: A Renewable Motor Fuel From Biomass*. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects. v. 27, n. 4, p.327-337, 2005.

DIAS, J. M. C. D. S.; SOUZA, D. T. De; BRAGA, M.; ONOYAMA, M. M.; MIRANDA, C. H. B.; BARBOSA, P. F. D.; ROCHA, J. D. Produção de Briquetes e peletes a partir de resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais. EMBRAPA, 2012, Brasília, p. 132.

EMBRAPA - PLANO NACIONAL DE AGROENERGIA (2006-2011) / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Produção e Agro energia. 2. ed. rev. - Brasília, DF, 2011.

EUSTÁQUIO FILHO, A.; Tratamentos e utilização do bagaço e da cana-de-açúcar (*Saccharumofficinarum*, L.) na alimentação de ruminantes. 50f. DISSERTAÇÃO (Graduação de Zootecnia) - Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES. JANAÚBA - MG - 2006.

EZEQUIEL, J.M.B.; GALATI, R.L. Qualidade da matéria prima e novos testes laboratoriais como instrumento de maximização da dieta balanceada. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. Anais... Goiânia: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005. p.298-321.

GOLDENBERG, P.; GUERRA, F. Inovação na Geração de Energia Elétrica a Partir do Bagaço de Cana. In: I Workshop do INFOSUCRO sobre Impactos Econômicos e Tecnológicos da Indústria Sucroalcooleira no Brasil. Rio de Janeiro, Novembro de 2008.

IEA. International Energy Agency 2005. World Energy Outlook.

LEAL, C. L. D.; CASTRO, P. F. Aproveitamento da cinza do bagaço de cana-de-açúcar como fíler em concreto asfáltico. *Vértices*, v. 9, n. 1/3, p. 9-20, 2007.

LIMA, S. A.; SALES, A; MORETTI, J. P.; SANTOS, T. J.; Análise de argamassas confeccionadas com a cinza do bagaço da cana-de-açúcar em substituição ao agregado miúdo. *Revista Tecnológica*, v. Ed. Esp, p. 87-97, 2009.

MARIANO, J. Cana-energia, a revolução sucroenergética está começando, 2015.

MANSANEIRA, E. C. Verificação da potencialidade do uso da cinza do bagaço da cana de açúcar em substituição parcial ao cimento Portland. 2010. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

MATSUOKA, S.; GARCIA A.A F.;ARIZONO, H. Melhoramento de cana-de-açúcar. In: BORÉM, A. (ed) Melhoramento de espécies cultivadas. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa: Editora da UFV, v.1, p.205-251, 2005

NOVACANA, 2018. Acesso em: 08 de maio de 2018.Disponível em: <https://www.novacana.com/n/cana/variedades/especial-cana-energia-revolucao-sucroenergetica-2015/>

OLIVEIRA, J. M. RÖDEL, N.M.C. Utilização do bagaço de cana-de-açúcar para gado. Nov. 2006.

PITARELO, A. SILVA, T.A. *et al*/ Effect of moisture in the steam treatment and enzymatic hydrolysis of sugarcane bagasse. **Química Nova**, v. 35, n. 8, p. 1502-1509, 2012.

PELLEGRINI, M. C. Inserção de Centrais Co-geradoras a Bagaço de Cana no Parque Energético do Estado de São Paulo: Exemplo de Aplicação de

Metodologia para Análise dos Aspectos Locacionais e de Integração Energética. Dissertação (Mestrado) – São Paulo. 2002. 187p.

RAAD, T. J.; Pinheiro, P. C. C.; Yoshida, M. I. Cerne 2006, v.12, 1993.

RAMOS, R. S. SELEÇÃO DE CANA ENERGIA. Viçosa, Minas Gerais – BRASIL. 2015.

REVISTA GLOBO RURAL, Bagaço de cana produz papel biodegradável. 16/12/2011. Disponível em: <
<http://revistagloborural.globo.com/Revista/Common/0,,EMI281184-18080,00-BAGACO+DE+CANA+PRODUZ+PAPEL+BIODEGRADAVEL.html>>.

ROCHA, M. H. M. Teores de proteína bruta em dietas com altas proporções de concentrados para cordeiros confinados. Piracicaba, 2002, 88p. DISSERTAÇÃO (Mestrado) Universidade de São Paulo.

SALES, A. Utilização da cinza do bagaço da cana-de-açúcar na produção de artefatos para infraestrutura urbana: caracterização do resíduo e avaliação de argamassas e concretos – nº 08/06486-4. Pesquisa FAPESP. 2010

SANTOS, P.E.F. Desempenho de bovinos de corte alimentados com dietas à base de cana-de-açúcar (*Saccharum Officinarum L.*). JANAÚBA/MG, Dez. 2006.

SANTOS, F. A; QUEIRÓZ, J. H.; COLODETTE, J. L. *et al.* Potencial da palha de cana-de-açúcar para produção de etanol. São Paulo, 2012.

SANTOS, P. P. Uso de casca de soja ou bagaço de cana-de-açúcar na alimentação de ovinos como fonte de fibra em rações contendo alta proporção de concentrados. Piracicaba, 2008 60p. DISSERTAÇÃO (mestrado).

SEIFERT, Mari Elizabete Bernardini. Gestão Ambiental: instrumentos, esferas de ação e educação ambiental. São Paulo: Atlas, 2011.

SOUZA, O. Aproveitamento do bagaço da cana-de-açúcar como alimento volumoso para ruminantes. Embrapa, Sergipe, out.2002.

SOUZA, O. SANTOS, I.E.; Aproveitamento do bagaço de cana-de-açúcar pelos ruminante. EMBRAPA - Comunicado Técnico. Out. 2002. Aracaju, SE.

SOUZA, R. R. Panorama, oportunidades e desafios para o Mercado Mundial de Álcool Automotivo. 2006. 129 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

SOUTO, J. M. F. Avaliação de desempenho da cinza do bagaço de cana-de-açúcar na produção de concreto. 2010. 105 f. Tese (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

SUN Y., CHENG J. Y. (2002) Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review. *Bioresource Technology* 83:1-11. Tew TL, Cobill RM (2008) Genetic improvement of sugarcane (*Saccharum* spp.) as an Energy Crop. In: Vermerris W (ed) *Genetic Improvement of Bioenergy Crops*. Springer, New York, pp 249-271.

TACHIZAWA, T. Gestão Ambiental e Responsabilidade Social Corporativa: estratégia de negócios focadas na realidade brasileira. São Paulo: Atlas, 2011.

TEIXEIRA, F. A.; PIRES, A.V.; NASCIMENTO.P.V.N. Bagaço de cana-de-açúcar na alimentação de bovinos (*Sugarcane pulp in the feeding of bovine*). In: REDVET. Revista electrónica de Veterinária Vol. VIII, Nº 6, Jun/2007. Disponível em: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n060607/060708.pdf>

TEIXEIRA, Ronaldo Soares. Utilização de resíduos sucroalcooleiros na fabricação de fibrocimento pelo processo de extrusão. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA. Variedades de Cana. 2011.

UNICA. União da indústria de cana-de-açúcar. Estudo da Matriz Energética (2015).

VERARDI, A. Improving the enzymatic hydrolysis of *saccharum officinarum* L. bagasse by optimizing mixing in a stirred tank reactor: Quantitative analysis of biomass conversion. **Fuel Processing Technology**, v. 149, p. 15-22, 2016